

ArcelorMittal

Transport Rail

توليدات ریلی شرکت آرسلورمیتال



ترجمه و تکمیل: محسن شفیعزاده

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه
- ۲- رهبری بازار
- ۳- کنترل کیفیت
- ۴- آزمایشگاه
- ۵- توسعه محصولات جدید
- ۶- خطوط پرسرعت
- ۷- خطوط با بار محوری بالا
- ۷-۱- ریل‌های میکروآلیاژی
- ۷-۲- ریل‌های با تاج سخت شده
- ۸- ملاحظات زیست محیطی
- ۸-۱- وضعیت ریل در فرآیند تولید
- ۸-۲- وضعیت ریل در هنگام بهره‌برداری
- ۸-۳- وضعیت ریل پس از پایان عمر
- ۹- بازار ریل
- ۹-۱- خطوط پرسرعت
- ۹-۲- خطوط شهری و عمومی
- ۹-۳- خطوط با بار محوری بالا
- ۹-۴- خطوط سنتی
- ۹-۵- خطوط سبک
- ۹-۶- سوزن‌ها و تقاطع‌ها
- ۱۰- خواص مکانیکی
- ۱۱- انواع ریل و ابعاد آنها

۱- مقدمه

شرکت آرسلورمتال^۱ یک شرکت تولید کننده فولاد با ۲۳۲,۰۰۰ کارمند در ۶۰ کشور جهان و تولید سالانه ۱۱۹ میلیون تن فولاد برابر با ۶ درصد از تولید جهانی می باشد. شرکت آرسلورمتال در تمامی بازارهای فولادی شامل: صنایع خودرو، ساختمان، لوازم خانگی، صنایع بسته بندی، ریل حضور دارد و در تحقیقات و فن آوری پیشرو و عرضه کننده بزرگ مواد خام و دارای شبکه های توزیع است. شرکت آرسلورمتال با حضور صنعتی در اروپا، آسیا، آفریقا و آمریکا، تمام نیازهای بازارهای قدیمی و نوظهور را پوشش می دهد. آرسلورمتال با کارخانه های در Gijon (اسپانیا)، Dabrowa, Gornicza و Krolewska (لهستان) و Steeltoon (آمریکا)، عضو گروهی کوچک از شرکتهای تولیدکننده ریل است که محصولات آنها بصورت اختصاصی برای خطوط پرسرعت و با بار محوری بالا توسعه یافته است.

شرکت آرسلورمتال سیستم تضمین کیفیت را در سازمان خود پیاده سازی و همواره به روز رسانی نموده است، بگونه ای که الزامات استانداردهای بین المللی ایزو 9001 و گواهینامه انجمن استاندارد اسپانیا^۲، شبکه بین المللی سازمانها برای ارزیابی و صدور گواهینامه کیفیت^۳ را برآورده کند. آرسلورمتال همچنین دارای گواهینامه ایزو 9001 لهستان و انجمن راه آهنهای آمریکا^۴ برای کارخانه Steelton است.

۲- رهبری بازار

ریل یک محصول فولادی با پیچیدگی بالا از نظر طراحی فنی و فرآیند تولید و همچنین بر آورده نمودن انتظارات ناشی از شرایط کاری می باشد. ریل باید قابلیت برآورده کردن تقاضا در زمینه افزایش میزان بار محوری، سرعت های بالاتر، ازدیاد دفعات سیر بر روی آن، راحتی مسافری و بالاتر از همه اینها الزامات ایمنی ریلی را داشته باشد.

امروزه تعداد اندکی از تولیدکنندگان ریل تجارب طولانی مدت را با بهبود مداوم تجهیزات تولید هماهنگ کرده اند. عاملی که این گروه کوچک را از رقبا متمایز می کند سطح بالای دانش فنی آنان است که آنها را قادر به ارائه محصولی با کیفیت برتر جهت برآورده نمودن تقاضای حال و آینده مصرف کنندگان می کند.

۳- کنترل کیفیت

الزامات دقیق مرتبط با خصوصیات و کارکرد ریل، تولیدکننده را به سمت استفاده از یک سیستم کنترل کیفی رهنمون می کند که تضمین کننده کیفیت محصول نهائی باشد، این سیستم بایستی خصوصیات زیر را داشته باشد:

- ۱- تضمین کننده وضعیت فرآیند در همه مراحل تولید مرتبط با خصوصیات شیمیائی، فیزیکی و متالوژی.
- ۲- اطمینان از بازرسی محصول نهائی به نحوی که تضمین کننده انطباق محصول با مشخصات طراحی باشد.
- ۳- جمع آوری و ارزیابی داده های فرآیند بمنظور پیاده سازی یک سیستم بهبود مستمر

¹ - ArcelorMittal

² - AENOR

³ - IQNet

⁴ - Association of American Railroads - AAR

شرکت آرسلورمتال منابع انسانی و تجهیزات مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل همه این عوامل و بهینه سازی فرآیند تولید را در اختیار دارد.

۴- آزمایشگاه

درآزمایشگاه شرکت آرسلورمتال آزمایشهای مکانیکی و متالوژی مورد نظر بمنظور اطمینان از کیفیت محصول نهائی صورت میگیرد. آزمایشهای صورت گرفته به شرح زیر است:

- تست کشش در دمای محیط
 - تست سختی (برینل، ویکرز و راکول)
 - تست ضربه - تست مخرب
 - تست عملیات حرارتی (پیرسازی یا مقاوم سازی به شرایط آب و هوایی)^۵ [1]
- آنالیز شیمیائی بر روی هر ذوب و محصول به همراه تستهای متالوژی به شرح زیر صورت می پذیرد:

- تست بومان^۶ [2]
- تست میکروگرافی^۷ [3]
- تست ماکرواچ^۸ [4]
- تست نسبت خلوص^۹ [5]
- تست کربن زدائی^{۱۰} [6]

شرکت آرسلورمتال تستهای فوق را طبق الزامات استاندارد EN 13674-1 انجام می دهد و گواهینامه محصولات خود را بر اساس استاندارد EN 10204 صادر می نماید.

۵- توسعه محصولات جدید

شرکت آرسلورمتال در فعالیتهای تولید کنندگان پیشرو برای بهبود مستمر خواص ریل فولادی مشارکت دارد، این تلاشها از طریق هماهنگ کردن خصوصیات که مشخص کننده عملکرد ریل در خطوط ریلی مانند سختی، مقاومت در برابر سایش و خستگی و جوش پذیری است صورت میگیرد. بدین منظور آرسلورمتال تحقیقاتی بمنظور ارائه تستهای بیشتر طبق استانداردهای اروپائی بعمل آورده است که این تستها به شرح زیر است:

- تست خستگی الیگوسایکلک^{۱۱} [7]
- تست رشد ترک خستگی^{۱۲} [8]

⁵ - Heat Treatment (Specimens Ageing)

⁶ - Baumann Test

⁷ - Micrograph

⁸ - Macro etching

⁹ - Inclusions Rate

¹⁰ - Decarburization

¹¹ - Oligo Cyclic Fatigue Test

- تست چقرمگی شکست^{۱۳} [9]
- تست جوش پذیری (استاندارد RENFE)^{۱۴} [10]
- تست تنش پسماند^{۱۵} [11]

شرکت آرسلورمتال براساس استانداردهای اتحادیه اروپا، UIC، اسپانیا، فرانسه، بریتانیا، روسیه، هندوستان، چین، آمریکا و طبق درخواست مشتریان خاص ریل تولید می نماید:

۶- خطوط پرسرعت

ریل محصولی فولادی است که باید الزامات فنی بسیاری را برآورده کند. خطوط پرسرعت با سرعتهای بیش از ۳۵۰ کیلومتر بر ساعت یکی از بیشترین تقاضاها را در بازار دارند، این بازار برای شرکتهایی قابل دسترس است که به منابع پیشرفته مجهز باشند.

خواص شش گانه زیر خلاصه‌ای از الزاماتی است که ریلهای پرسرعت باید برآورده کنند:

- ایمنی
- راحتی
- دوام و صرفه جویی در قیمت
- کمترین میزان انعکاس صدا
- خدمت رسانی
- دوستدار محیط زیست

شرکت آرسلورمتال برای هر یک از الزامات فوق از طراحی مراحل تولید تا کنترل فرآیند دقت قابل ملاحظه‌ای بکار می برد. بمنظور حصول به این نیازها، خط تولید ریل پرسرعت بگونه‌ای طراحی شده‌است که الزامات زیر را برآورده کند:

- مکانیک شکست^{۱۶} [12]
- یکنواختی شیمیایی، مکانیکی و ساختاری^{۱۷}
- همانندی ابعادی^{۱۸}
- عدم عیوب داخلی و سطحی^{۱۹}
- مقاومت در برابر ضربه، خوردگی و خستگی^{۲۰}
- کمینه تنش پسماند^{۲۱}

¹² - Fatigue Crack Growth Test

¹³ - Fracture Toughness Test

¹⁴ - Weldability Test (Renfe Standard)

¹⁵ - Residual Stress Test

¹⁶ - Fracture Mechanics

¹⁷ - Chemical, mechanical and structural Homogeneity

¹⁸ - Dimensional Uniformity

¹⁹ - Absence of Surface and Internal Defects

²⁰ - Wear, Impact and Fatigue Resistance

آرسلورمتال مهارت و هنر خود را برای تولید محصولات فولادی بگونه‌ای بکار گرفته که امکان تهیه مواد خام با کیفیت و فرآیند تولید بدون عيوب متعارف داخلی یا خارجی را به همراه تجهیزات لازم برای تولید ریل با دقیق‌ترین تلورانس ابعادی فراهم آورده‌است.

آرسلورمتال از سال ۱۹۹۰ میلادی ریل پرسرعت تولید می‌کند و تا سال ۲۰۱۰ بیش از ۱,۰۰۰,۰۰۰ تن از این ریل را تولید نموده‌است. آرسلورمتال هم‌اکنون توانایی تولید ریل تا طول ۱۲۰ متر با بیشینه اعتماد، دقت ابعادی، صافی کامل و بالاترین کیفیت را در بازار دارد.

۷- ریل با بارمحوری بالا^{۲۳}

۷-۱- ریل‌های میکروآلیاژی^{۲۴} - خواص فنی

خواص ضعیف ریل‌های فولادی حاوی کربن - منگنز در برابر استفاده مستمر، قوسهای با شعاع کم و بار محوری بیشتر از ۳۰ تن، تولیدکنندگان را به سمت تولید ریل‌های با خواص بهتر سوق داده‌است.

بطور معمول فولادهای آلیاژی با سختی بیش از ۳۲۰ برینل (HBW) و مقاومت کششی حدود ۱,۱۰۰ مگاپاسگال (MPa) برای تولید ریل استفاده می‌گردند، این خواص با استفاده از آلیاژهای منگنز، کروم و مولیبدن که لایه‌های پرلیتی^{۲۵} [13] را کاهش می‌دهند حاصل می‌شود.

با وجود اینکه این آلیاژها برای شرایط سخت کاری قابل ملاحظه هستند اما ریل‌هایی که با این فولادهای گران قیمت تولید می‌شوند دارای تنش پس‌ماند هستند و احتمال وجود ساختارهای ترد باینیتیک^{۲۶} [14] و مارتنزیت^{۲۷} [15] در آنها وجود دارد که مقاومت به سایش آنها کمتر از ساختار پرلیتی است. مطالعات نشان داده‌است که جوشکاری این ریل‌ها باعث آسیب رساندن به ساختار سخت شده می‌گردد که در نتیجه آن میکروساختارهای^{۲۸} شکننده و نامقاوم به سایش در ریل ایجاد میگردد.

آرسلورمتال ریل‌هایی با ساختار پرلیتی با خواص مکانیکی، مقاومت کششی، مقاومت نهائی، سختی، مقاومت به سایش و خستگی از طریق فرآیند نورد تولید نموده که بصورت قابل ملاحظه‌ای از آلیاژهای منگنز، کروم و مولیبدن بهتر هستند. میزان سختی این ریل‌ها بیش از ۳۲۰ برینل (معمولاً حدود ۳۳۵ برینل) است، این سختی با استفاده از مقادیر کوچکی از میکروآلیاژها (نیوبیوم^{۲۹} و وانادیوم^{۳۰}) و حداکثر ۰.۳٪ از کروم بدست می‌آید.

21 - Low Residual Stress

22 - Weldability

23 - Heavy Haul Rails

24 - Micro Alloyed Rails

25 - Pearlite Interlamellar

26 - Brittle Bainitic

27 - Martensitic Structure

28 - Microstructures

29 - Niobium

30 - Vanadium

وجود عناصر کربن، منگنز و کروم در این فولاد تضمین کننده میکروساختارهای پرلیتی بسیار کوچک بدون هرگونه خطر ایجاد ساختار ترد و شکننده در ریل و منطقه جوش می باشد.

استفاده از نیوبیوم و وانادیم از طریق تصفیه و رسوب ریزدانه‌ها باعث بهبود خواص مکانیکی فولاد می شود. خواصی که از این روش بدست می آید بوضوح مزایای بیشتر و ایمن‌تری نسبت به آلیاژهای حاوی سیلیس، منگنز، کروم و مولیبدن دارد که در آنها خطر ایجاد ساختارهای ترد باینیتیک و مارتنزیت در ریل و منطقه جوش وجود دارد.

با این خواص، ریل‌های فولادی میکروآلیاژی انتخاب بسیار مناسبی برای شرایط ترافیک زیاد ریلی می باشند. ریل‌های میکروآلیاژی در مقایسه با ریل‌هایی که تاج آنها سخت کاری شده‌است دارای خواص مشابه و قیمت کمتری هستند که آنها را گزینه جذابتری برای شرایط با حمل و نقل سنگین می کند.

۷-۲- ریل‌های با تاج سخت کاری شده^{۳۱}

آرسلور متال تنها تولیدکننده در آمریکای شمالی (کارخانه Steelton) و از سه ماهه سوم سال ۲۰۱۱ در اروپا (کارخانه Gijon) است که در خط نورد خود سیستم سخت کننده تاج ریل با پاشش کنترل شده جت آب نصب نموده‌است. بیشتر از یک میلیون تن ریل با تاج سخت شده با این تکنولوژی تولید شده‌است.

این سیستم سخت کننده ریل در سال ۱۹۹۴ ایجاد شده‌است و نتیجه یک تحول تکنولوژیک بوده‌است. این روش سرد کردن بر اساس یک طراحی دقیق متالوژیکی بدست آمده‌است و تحت آزمایش‌های صنعتی در شرایط واقعی تولید قرار گرفته‌است و نمونه‌ای از اثبات راندمان و کیفیتی است که آرسلور متال در صنایع فولاد بنیان گذاشته‌است.

تفاوت‌هایی بین این روش و روش‌های قبلی وجود دارد، هم از نظر ابعاد و عملکرد و هم از نظر شیوه کنترل. این سیستم از جت آب کنترل شده در چندین مرحله برای سرد کردن و حصول به ساختار پرلیتی استفاده می کند که برای خواص متالوژیکی ریل نیز مفید می باشد. حرارت وارد و خارج شده از ریل تعیین کننده مقادیر پارامترها برای اطمینان از ساختار پرلیتی در طول ریل است.

اضافه بر این گرمای نهفته‌شده در زمان نورد، میزان انرژی مصرفی در زمان فرآیند را کاهش می دهد، این گرمای نهفته با فرآیند سختکاری هماهنگ شده و کمترین نیاز به جابجائی را در زمان کار ایجاد می کند. همچنین این گرمای نهفته انعطاف پذیری بیشتری را در عملیات بعدی مانند تولید ریل‌های طویل به همراه دارد.

شرکت آرسلورمتال براساس تجربیات بدست‌آمده از تولید 1,500,000 تن ریل با تاج سخت شده در کارخانه Steelton، خط تولید ریل با تاج سخت شده با طول ۷۲ متر را در کارخانه Gijon را با استانداردهای تولید مختلف (Euronorm, Arema^{۳۲}, UIC, ...) طراحی نموده‌است.

در مجموع سرمایه‌گذاری صورت گرفته در تولید ریل با تاج سختکاری شده از طریق فرآیند پاشش جت آب و طراحی‌های صورت گرفته برای بهینه‌سازی خواص ریل، باعث بهبود فرآیند تولید محصول گردیده و به شرکت این امکان را می دهد که به

³¹ - Head Hardened Rails

³² - American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association

چالشهای حال و آینده صنعت ریلی پاسخ دهد. کیفیت بدست آمده در سختکاری عمیق سطح ریلهای تولیدی که اجازه سختی بالای ۳۸۰ برینل را می دهد با توجه به احتمال افزایش بار محوری و تناژ قابل حمل بوسیله ریل یک عامل کلیدی است. با توجه به تولید ریل با بالاترین کیفیت و طولانی ترین عمر کاری، ریلها خواه برای حمل و نقل بار یا جابجائی مسافر استفاده شوند، ایمنی حساسیت اول شرکت آرسلورمتال است.

۸- ملاحظات زیست محیطی

۸-۱- وضعیت ریل در فرآیند تولید

حدود ۲۵٪ از مواد اولیه تولید ریل از قراضه های فولادی بدست می آید که باعث صرفه جوئی قابل ملاحظه در مصرف انرژی و مواد خام می شود. از سال ۲۰۰۲ یک سیستم تائید شده طبق استاندارد ایزو ۱۴۰۰۱ در فرآیند تولید بکار گرفته شده است و جمع آوری ضایعات براساس سیاست بهینه سازی مدیریت ضایعات صورت میگیرد.

۸-۲- وضعیت ریل در هنگام بهره برداری

یک راه آهن ۲ خطه در یک ساعت می تواند باندازه یک اتوبان ۶ خطه مسافر جابجا کند اما با اثرات منفی محیطی کمتر. حمل و نقل ریلی باعث کاهش شدید مصرف سوخت در مقایسه با سایر روشهای حمل و نقل و کاهش انتشار گاز CO₂ و اثرات کمتر گازهای گلخانه ای می شود.

۸-۳- وضعیت ریل پس از عمر کاری

با پایان عمر کاری، ریلها بدون از دست رفتن خواص شیمیائی قابل بازیافت می باشند و بدین ترتیب در استفاده از منابع طبیعی و انرژی صرفه جوئی می شود.

۹- تقاضای بازار

ریل و اتصالات ریلی تولیدی توسط شرکت آرسلورمتال نه تنها در بازار اروپا عرضه میگردند بلکه برای خطوط پرسرعت، خطوط با بار محوری بالا، حمل و نقل شهری و به اقصی نقاط جهان صادر می شوند. کیفیت محصولات تولیدی آرسلورمتال، اعتماد کامل مشتریانی که بالاترین درجه اعتماد را خواستارند به همراه داشته است و به همین دلیل ریلهای تولیدی آرسلورمتال در راه آهن برون شهری و درون شهری در اروپا، آسیا، آفریقا و آمریکا استفاده می شود.

تجربه، فن آوری و کیفیت ضمانت شده، تولید ریل با شرایط زیر را در شرکت آرسلورمتال ممکن می کند:

- طیف وسیعی از محصولات با جرم طولی از 40 Kg/m تا 80 Kg/m
- طیف گسترده ای از گریدهای فولاد براساس استانداردهای بین المللی یا درخواست مشتریان برای احداث خطوط جدید یا بازسازی خطوط موجود
- توانائی ساخت هر نوع ریل جدید (حداقل ۴,۰۰۰ تن)
- ریلهای با تلورانس ابعادی خیلی دقیق برای خطوط پرسرعت

- ریل یک پارچه تا طول ۱۲۰ متر
- ریل جوشی تا طول ۳۶۰ متر
- ریل نامتقارن (برای سوزن)

۹-۱- خطوط پرسرعت

در اروپا و بیشتر کشورهای صنعتی بازار ریل‌های با سرعت بیش از ۳۵۰ کیلومتر بر ساعت در حال گسترش است. شرکت آرسلورمتال ارائه‌کننده ریل با قابلیت اطمینان عالی، دقت ابعادی، تلورانس دقیق، صافی و کیفیت عالی برای خطوط سریع‌السير در کشورهای اسپانیا، فرانسه، آلمان، پرتغال، ترکیه و می باشد.

۹-۲- خطوط ریلی شهری و عمومی

تقاضا در این بازار بدلیل رشد و تمرکز شهرنشینی و بمنظور خدمت‌رسانی به جمعیت ساکن در حومه و اطراف شهرها بطور ناگهانی در دنیا گسترش یافته‌است. سیستم‌های حمل و نقل شهری دارای ترافیک زیاد و دشواری‌های مرتبط با جغرافیای شهرها مثل پیچ‌ها و شیب‌های تند و فواصل کوتاه شتاب‌گیری و ترمزگیری می باشند. آرسلورمتال برای سیستم‌های حمل و نقل درون شهری و زیر زمینی برای شهرهای مادرید، بارسلون، بیلبلئو، سویل، پاریس، بوینوس آیرس، ریودوژانیرو، فورتالزا، برازیلیا، کاراکاس، مدلین و ریل تولید نموده‌است.

۹-۳- خطوط با بار محوری بالا

در این خطوط حجم بزرگی از سنگ آهن، کانتینر و سایر محصولات حمل می شود. خصوصیت این خطوط، تعداد زیاد واگن و بار محوری بالا است. برای این خطوط ریل با مقاومت سایشی زیاد و مقاومت به شکست خستگی بالا نیاز است. در این خطوط از فولادهای میکروآلیاژی بسیار سخت و خالص یا ریل با تاج سختکاری شده استفاده می شود.

۹-۴- خطوط سنتی با ترافیک باری- مسافری

این خطوط مشتمل بر ترافیک بسیار متغیر، شرایط جغرافیائی و آب و هوائی متفاوت، تناوب حرکت، یک خطه بودن و تعداد زیاد مبادی و مقاصد است.

۹-۵- ریل سبک

این خطوط معمولاً بعنوان خطوط موقت و خدمت‌رسانی برای نواحی متقاضی ایجاد می‌گردند.

۹-۶- تقاطع‌ها و سوزن‌ها

شرکت آرسلورمتال یکی از تولیدکنندگان جهانی ریل برای تقاطع‌ها و سوزن‌ها می باشد و ریل‌هایی نا متقارن تا طول ۱۲۰ متر را تولید می کند.

توضیحات تکمیلی

[۱] پیرسازی یا مقاوم سازی به شرایط آب و هوایی (Aging)

ساختار و رنگ مواد با گذر زمان تغییر کرده و یک لایه اکسیدی بر روی آنها تشکیل می شود و این لایه اکسیدی با مواد موجود در طبیعت ترکیب شده و یک لایه مقاوم به سایر عوامل را ایجاد می کند. این فرآیند را براحتی می توان در آلومینیوم، مس و آلیاژهای آن، سرب، فولاد و قلع مشاهده کرد. در بسیاری از شرکتها و موسسات بر روی پیرسازی یا مقاوم سازی به شرایط آب و هوایی و نحوه شتاب دادن به آن تحقیق میگردد تا سطح فلز را با سرعت بیشتر به یک حالت پایدار برسانند. معمولاً پیرسازی به شکل عملیات حرارتی مشاهده می شود. این فرآیند برای افزایش استحکام آلیاژهای حاوی آلومینیوم، مس، منگنز و نیکل حائز اهمیت است.

[۲] باومان پرینت (سولفور پرینت - Sulfur Print)

این آزمایش معمولاً در فولادهای آلیاژی برای تعیین مقدار و نحوه توزیع سولفور صورت میگیرد. اگر نمونه گیری بصورت مناسب صورت گیرد، تصاویر بدست آمده از این آزمایش الگوی سرد شدن فلز مذاب یا حرکت فلز از حالت گرم به سرد را نشان می دهد. پرینت سولفور یک آزمایش کیفی است و برای تعیین مقادیر سولفور در آلیاژ بکار نمی رود. انتخاب نمونه آزمایش موازی با حرکت فلز در قالب، طبیعت حرکت فلز در زمان فورج یا نورد را نشان می دهد.

[۳] میکرو گراف (Micrograph)

این آزمایش از طریق استفاده از میکروسکوپ با بزرگنمایی بیش از ۲۵ برابر، ریزساختار سطح مواد را نشان می دهد. ریزساختار یک ماده می تواند بر خواص فیزیکی آن از قبیل استحکام، چقرمگی، سختی، شکنندگی، مقاومت به خوردگی، چگونگی رفتار در دماهای بالا یا پائین و مقاومت به سایش موثر باشد که این خواص هم در نوع کاربرد هر ماده در صنعت تاثیرگذار است. وجود یا عدم وجود عیب در ری ساختار یک ماده خواص فیزیکی و مکانیکی آن را تغییر می دهد. این معایب به شکلهای مختلف مشاهده می شوند و ساده ترین شکل آن وجود فضای خالی است. این فضاهای خالی نقش بسیار مهمی در تعیین خصوصیات یک ماده و ترکیب آن دارند. در حقیقت بدلیل همین فضاهای خالی، مواد در یک زمان واحد می توانند فازهای مختلف داشته باشند. این فازها خواص مختلفی دارند و با کنترل آنها می توان بر خصوصیات مواد اثر گذاشت.

[۴] ماکرو اچ (Macro Etching)

معمولاً در نمونه متالوگرافی ساختار داده ها پس از پایان عملیات پرداخت نهایی در زیر میکروسکوپ مشخص نیست. ضخامت مرزدانه های یک فلز در بهترین حالت در حد ضخامت چند اتم است در حالی که توان آشکار سازی یک میکروسکوپ بسیار کمتر از حد لازم برای تشخیص آنهاست و تنها در فلزی که بلورهایی با رنگهای مختلف در تماس با یکدیگر باشند قابل رویت است، برای قابل رویت ساختن مرزدانه ها نمونه های متالوگرافی اچ می شوند که این عملیات با فرو بردن سطح نمونه پولیش شده در یک محلول ضعیف اسیدی یا قلیایی انجام می شود. رایج ترین محلول مورد استفاده برای فولادها نایتال نام دارد که محتوی محلول ۲٪ اسید نیتریک در الکل است. در بعضی حالات می توان عمل اچ را توسط مالش ملایم یک تکه پنبه آغشته به محلول اچ بر روی سطح انجام داد. در هر صورت در نتیجه این عمل مقداری از فلز حل شده و از سطح خارج می شود. چنانچه محلول اچ مورد استفاده مناسب باشد سطح فلز بصورت یکنواخت حل نمی شود گاهی عامل اچ کننده به مرزدانه ها سریعتر از سطح دانه ها حمله می کند. سایر محلولهای اچ، دانه های مختلف را بر اساس جهت گیری آنها حل خواهند کرد. پس

از اچ کردن مرزها به صورت پله هایی کم عمق در سطح ظاهر می شوند و جداره های عمودی این پله ها نور را همانند سطوح بلوری نسبتاً صاف به عدسی های شیئی میکروسکوپ منعکس می کنند و در نتیجه محل مرز بلوری در زیر میکروسکوپ قابل رویت می شوند.

[۵] نسبت ناخالصی (Inclusion Rate)

در زمان ذوب مواد، ذرات سخت مانند اکسیدهای فلزی وارد مذاب شده و در زمان سرد شدن به دام می افتند، این موضوع در کارکرد فولادها تاثیر منفی دارد و در تشکیل نواحی با تنش شدید و ترکهای ریز خود را نشان می دهد. ناخالصی ها همیشه در مواد وجود دارند و مقدار آنها به نوع ترکیب مواد و شرایط شکل گیری آنها بستگی دارد. برای فولادها میزان ناخالصی های غیر فلزی نباید بیشتر از 0.1% باشد.

[۶] کربن زدائی (Decarburization)

کربن زدائی یک فرآیند متالورژیکی است که طی آن کربن در دمای پائین تر از دمای بحرانی از سطح فولاد خارج شده و با اکسیژن یا هیدروژن موجود در اطراف واکنش نشان می دهد (حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد). در زمان فورج و عملیات حرارتی کربن زدائی بعنوان یک فرآیند جانبی در فولاد مشاهده می شود. میزان کربن موجود در فولاد بر سختی آن تاثیرگذار است. در فرآیند کربن زدائی، کربن از سطح خارج شده و مقاومت فولاد پائین می آید. کربن زدائی نه تنها مقاومت فولاد را کاهش می دهد بلکه کرنش برشی را در زیر سطح فولاد کاهش می دهد و مقاومت فولاد نیز کاهش یافته و همچنین نرخ رشد شکست و میزان سایش را زیاد می کند. کربن زدائی می تواند با توجه به کاربرد مورد نظر، مفید یا مضر باشد.

[۷] تست خستگی (Fatigue Test)

در حالی که برای طراحی قطعاتی که تحت بارهای استاتیکی قرار می گیرند حد تسلیم ماده از مهم ترین کمیت های مکانیکی است، برای اجزایی مانند محور توربین ها یا میل گاردان ها، فنرهای معلق و فنرهای سوپاپ و از این قبیل که تحت تنش های متناوب قرار می گیرند، بررسی تنش دیگری غیر از حد تسلیم مورد نیاز است. این قطعات اگر تحت تاثیر نیروهای متناوب قرار گیرند پس از مدتی می شکنند هرچند که تنش های وارد بر آن ها بسیار پایین تر از استحکام کششی یا حد تسلیم باشد. پدیده ای را که در نتیجه تنش های متناوب در جسم ایجاد گشته و به شکست آن می انجامد، خستگی یا فرسودگی می نامند. هر چه تعداد تناوب تنش های وارده بیشتر باشد، تنش شکست آن کوچکتر است. تنش تناوبی می تواند ناشی از چرخش، خمش یا ارتعاش باشد. حداکثر تنشی را که قطعه ای از ماده معین بتواند به ازای آن تعداد دور فوق العاده زیادی را بدون اینکه بشکند تحمل کند، استحکام خستگی یا حد خستگی یا حد تحمل می نامند.

نتایج تست خستگی معمولاً به صورت منحنی های $S - \log N$ نمایش داده می شوند و مهم است که ضمن گزارش نتایج، روش اعمال تنش، نوع ماشینی که به کار گرفته شده، اندازه های نمونه آزمایش و بسامد چرخه، گزارش شوند. داده های آزمایشی می تواند به شکل جدول نیز نشان داده شود. عبارت عمر خستگی و تحمل، برای نشان دادن تعداد چرخه های لازم تا رسیدن به نقطه شکست به کار می رود که معمولاً تعداد آن 10^6 چرخه برای فولاد های ساختمانی و 10^7 چرخه برای انواع دیگر فولاد ها و فلزات غیر آهنی است. عبارت استحکام خستگی و حد تحمل، برای حداکثر مقدار تنش قابل اعمال به کار می رود که قطعه ضمن تحمل آن عمر مشخصی را سپری می کند.

[۸] تست رشد ترک خستگی (Fatigue Crack Growth Test)

در بسیار از کاربردهای صنعتی و هوانوردی بروز ترک در مواد غیر قابل اجتناب است. چیزی که فهم آن اهمیت دارد آن است که بدانیم بعد از بروز ترک چه اتفاقی می افتد و رشد ترک چگونه است. ترک‌های کوچک با رشد آهسته ایجاد شکست یا مشکل نمی کنند اما ترکهای بزرگ با رشد سریع فاجعه‌بار هستند. در تست رشد ترک خستگی بر روی یک نمونه تنش مجاز به کرات اعمال می گردد و نمونه تحت نظر قرار می گیرد تا وضعیت آن از نظر مقاومت به تعداد و جهت تنش‌های وارد شده مشخص شود. براساس مقادیر بدست آمده می توان موادی انتخاب کرد و طراحی را بگونه‌ای اصلاح نمود که مقاومت و عمر مورد نظر برای قطعه یا ماشین مورد نظر بدست آید.

[۹] تست شکست چقرمگی (Fracture Toughness Test)

اگرچه روش مستقیم و صحیحی برای اندازه گیری سفتی فلزات وجود ندارد، ولی سفتی هر دو خاصیت قابلیت کشش (قابلیت مفتول شدن) و استحکام را در بر دارد و می توان تعریف کرد که سفتی عبارتست از قابلیت یک فلز به جذب انرژی بدن آنکه بشکند. سفتی را می توان بصورت سطح زیر منحنی تنش- کرنش نسبی بیان کرد. غالباً مقاومت به ضربه یک ماده را بعنوان نشانه ای از سفتی آن بحساب می آورند. این پارامتر برای همه کاربردهای طراحی جامدات مهم است. چقرمگی شکست یک روش محاسباتی برای شکست ترد در زمانی است که در ماده ترک وجود داشته باشد. اگر چقرمگی شکست یک ماده کم باشد، آن ماده به صورت ترد می شکند و هرچه چقرمگی شکست بالاتر رود احتمال شکست نرم افزایش می یابد.

چقرمگی معیاری است برای انرژی که یک ماده می تواند قبل از پارگی یا شکست جذب کند. برای مثال اگر نیروئی بصورت ناگهانی بر روی تکه‌ای فولاد نرم و سپس روی یک تکه شیشه اعمال شود، فولاد انرژی بیشتری را قبل از شکسته شدن جذب خواهد کرد، بنابراین فولاد از شیشه چقرتر است. چقرمگی یک ماده قابلیت آن برای تحمل تغییر شکلهای الاستیک و پلاستیک است، بنابراین برای قطعات سازه و قطعاتی که بایستی شوک و لرزش را تحمل کنند کیفیت مطلوبی به شمار می آید. فولادهای منگنزدار، آهن چکش کاری شده و فولادهای نرم مواد چقرمه‌ای هستند، کار یا انرژی جذب شده توسط یک ماده گاهی ضریب چقرمگی گفته می شود. چقرمگی به مقاومت ضربه‌ای، یعنی به مقاومت در برابر ضربه تعبیر می شود.

[۱۰] تست جوش پذیری (Weldability Test – Renfe Test)

جوش پذیری قابلیت مواد برای اتصال به یکدیگر از طریق جوشکاری تحت شرایط تعریف شده می باشد. جوش پذیری یک ویژگی ماده نیست اما خاصیتی از ماده است که به نوع فرآیند و کاربرد آن بستگی دارد. تست جوش پذیری بصورت گسترده برای ارزیابی قابلیت ساخت قطعات بوسیله فرآیند جوشکاری استفاده می شود. تستهای جوش پذیری شامل ارزیابی روش، شرایط جوشکاری، توانائی جوشکار، نوع مواد پایه و پرکننده، تستهای غیر مخرب پس از جوشکاری و معیارهای پذیرش وجود عیب در جوشکاری می باشند. در آزمایش جوش پذیری احتمال وجود ترک در مواد پایه و پرکننده مورد توجه خاص است و به روشهای مخرب و غیر مخرب مورد بررسی قرار میگردد. استانداردهای ISO 17641, 17642 فرآیندهای ترک سرد و ترک گرم در جوشکاری را شرح می دهد.

[۱۱] تست تنش پسماند (Residual Stress Test)

تنش پسماند تنشی است که پس از حذف عامل ایجاد تنش، در ماده جامد باقی می ماند. تنش‌های پسماند در هر سازه مکانیکی به دلایل مختلفی می تواند وجود داشته باشد. این عوامل می تواند تغییر شکل پلاستیک، تغییرات دمایی در ماده و یا تغییر در ساختار آن (تغییر فاز) باشد. این عوامل در فرآیندهای ساخت، رایج ترین پارامترهای ایجاد تنش پسماند هستند.

تقریباً همه فرآیندهای ساخت مانند ریخته‌گری، جوشکاری، ماشینکاری، قالب‌زنی، تغییر شکل پلاستیک در طول خمش و نورد باعث ایجاد این تنش در جسم تولید شده می‌شوند.

مکانیزم شکست در مواد ترد غالباً با ایجاد یک ترک شروع می‌شود. زمانی که یک تنش کششی به چنین ماده‌ای اعمال شود، نوک ترک پدیده تمرکز تنش را تجربه می‌کند و در نتیجه تنش در نوک ترک از تنش متوسط اعمال شده به ماده بیشتر می‌شود. این پدیده سبب گسترش سریع ترک و در نتیجه شکست ماده می‌شود. حال اگر یک تنش پسماند فشاری در ماده وجود داشته باشد، از شکست ترد جلوگیری می‌کند زیرا ترک اولیه تحت شرایط وجود تنش پسماند فشاری در ماده ایجاد شده است. با توجه به اینکه برآیند نیروهای اعمال شده به ماده ناشی از تنش‌های پسماند فشاری و تنش کششی ناشی از بارگذاری خارجی است، تا وقتی تنش کششی نتواند بر تنش پسماند فشاری غلبه کند، برآیند تنش اعمال شده به ماده فشاری است و از رشد ترک و نهایتاً شکست جلوگیری می‌شود.

می‌توان گفت نقش تنش‌های پسماند در یک جسم به اندازه تنش‌های مکانیکی مهم است. در حالیکه تنش‌های ناشی از بارگذاری‌های خارجی با دقت قابل قبولی قابل اندازه‌گیری هستند، پیش‌بینی تنش پسماند کار آسانی نیست. بنابراین داشتن روشی قابل اعتماد برای اندازه‌گیری این تنش‌ها به طور مستقیم به گونه‌ای که کم‌ترین آسیب را به سطح برساند، امری مهم است.

[۱۲] مکانیک شکست (Fracture Mechanics)

مکانیک شکست شاخه‌ای از مکانیک جامدات می‌باشد که به بررسی ایجاد و گسترش ترک در جامدات (و سازه‌ها) و نحوه تاثیر آن بر تغییر شکل و احیاناً زوال سازه می‌پردازد. این موضوعات از هر دو منظر مکانیک محیط‌های پیوسته و محیط‌های گسسته مورد مطالعه قرار گرفته و می‌گیرد. نقطه آغازین این دانش آزمایشاتی بود که بوسیله گریفیث (Griffith) بر روی شیشه انجام گرفت و در سال ۱۹۲۸ میلادی در ژورنال انجمن سلطنتی به چاپ رسید.

پیچیدگی‌های منحصر بفرد ترک این دانش را عرصه تلاش‌های تئوری و تجربی بسیاری کرده است و هنوز هم بسیاری از مسائل آن لاینحل باقی مانده است. تغییر شکل در علم مواد، به تغییر شکل یا اندازه یک جسم با توجه به نیروی اعمال شده (انرژی تغییر شکل در این مورد از طریق کار منتقل می‌شود) یا تغییر در درجه حرارت (انتقال انرژی از طریق گرما) گفته می‌شود. مورد اول می‌تواند در نتیجه نیروهای کششی، نیروهای فشاری، نیروهای برشی، خمش یا پیچش باشد. در مورد دوم مهمترین عاملی که با درجه ی حرارت تعیین می‌شود، تحرک نقص‌های ساختاری مانند مرز بلورها، جاهای خالی و نابجایی در جامدات کریستالی و غیر کریستالی است. حرکت و یا جابجایی این نقص‌های متحرک به صورت حرارتی فعال شده و توسط میزان نفوذ اتمی محدود می‌شود. تغییر شکل اغلب به عنوان کرنش در نظر گرفته می‌شود.

[۱۳] پرلیت (Pearlite)

اگر فاز مایع در هنگام انجماد از خط یوتکتوید بگذرد ساختاری از آهن ایجاد می‌شود که به آن پرلیت می‌گویند. این ساختار لایه لایه از فریت و سمانتیت است که هرچه میزان این سمانتیت بیشتر باشد استحکام آن آهن هم بیشتر می‌شود.

[۱۴] باینیتیک (Bainitic)

اگر در حین تشکیل آهن پرلیت سرعت سرد کردن را زیاد کنیم دیگر زمان لازم برای ایجاد ساختار لایه‌ای به Fe_3C (سمانتیت) و فریت وجود ندارد و این سمانتیت‌ها در بستر فریت پخش می‌شوند که باعث استحکام بیشتری نسبت به پرلیت می‌شود در واقع با افزایش سرعت سرد کردن نفوذ را کنترل می‌کنیم تا به ساختار مد نظر برسیم.

[۱۵] مارتنزیت (Martensitic)

اگر سرد کردن اسنیت با سرعت بسیار بسیار بالا انجام شود جوری که اصلاً به لایه پرلیت برخورد نداشته باشد یک فاز غیر تعادلی دیگر به نام مارتنزیت ایجاد می‌شود که بسیار استحکام زیاد و شکل پذیری کمی برای این نوع آهن داریم.

COMPOSICIÓN QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION

NORMA STANDARD	GRADOS DEL ACERO STEEL GRADES	COMPOSICIÓN QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION													MAX H ppm	MAX O ppm
		% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Ni	% Mo	% Al	% Cr	% V	% N	% Cu	% Nb		
UIC 860-O 1986-2008	700	0,40 0,60	0,8 1,25	0,05 0,35	MAX 0,05	MAX 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900A	0,60 0,80	0,8 1,3	0,1 0,5	MAX 0,04	MAX 0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900B	0,55 0,75	1,3 1,7	0,1 0,5	MAX 0,04	MAX 0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	R200	0,40 0,60	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,035	MAX 0,035	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	≤ 0,15	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,01	3,0	20
EN 13674-1 2011	R260	0,62 0,80	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,025	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	≤ 0,15	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,01	2,5	20
	R260 MIN	0,55 0,75	1,30 1,70	0,15 0,60	MAX 0,025	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	≤ 0,15	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,01	2,5	20
	R350 HT	0,72 0,80	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,02	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	≤ 0,15	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,04	2,5	20
	R350 LHT	0,72 0,80	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,02	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	≤ 0,30	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,04	2,5	20
EN 13674-2 2006	R260	0,62 0,80	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,025	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	MAX 0,15	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,01	2,5	20
	R350 HT	0,72 0,80	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,020	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	MAX 0,15	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,04	2,5	20
	R350 LHT	0,72 0,80	0,70 1,20	0,15 0,58	MAX 0,020	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	MAX 0,30	MAX 0,03	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,04	2,5	20
	A	0,65 0,80	0,80 1,30	0,10 0,50	MAX 0,040	MAX 0,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BS 11 1965	B	0,55 0,75	1,30 1,70	0,10 0,50	MAX 0,040	MAX 0,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	STANDARD CHEMISTRY	0,74 0,84	0,75 1,25	0,10 0,50	MAX 0,020	MAX 0,020	MAX 0,25	MAX 0,06	MAX 0,01	MAX 0,25	MAX 0,01	-	-	-	-	-
AREMA 2006	LOW ALLOY RAIL STEEL	0,72 0,82	0,80 1,10	0,10 0,50	MAX 0,020	MAX 0,020	MAX 0,15	MAX 0,05	MAX 0,005	0,25 0,40	MAX 0,01	-	MAX 0,40	-	-	-
	STANDARD CHEMISTRY	0,74 0,86	0,75 1,25	0,10 0,60	MAX 0,020	MAX 0,020	MAX 0,25	MAX 0,06	MAX 0,01	MAX 0,30	MAX 0,01	-	-	-	-	-
AREMA 2007	LOW ALLOY RAIL STEEL	0,72 0,82	0,80 1,10	0,10 0,50	MAX 0,020	MAX 0,020	MAX 0,15	MAX 0,05	MAX 0,005	0,25 0,40	MAX 0,01	-	MAX 0,40	-	-	-
	ALL RAIL	0,65 0,82	0,70 1,25	0,15 0,58	MAX 0,025	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,005	MAX 0,15	MAX 0,03	MAX 0,01	MAX 0,15	MAX 0,010	2,5	-
AS 1085.1 2002	MICROALLOYED	0,74 0,82	0,80 1,30	0,10 0,50	MAX 0,025	MAX 0,025	-	-	-	MAX 0,30	MAX 0,08	-	-	MAX 0,035	2,0	-
	900ACrV	0,74 0,84	0,80 1,25	0,10 0,60	MAX 0,025	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	MAX 0,35	MAX 0,07	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,010	2,0	20
AM	Br1000	0,62 0,82	0,70 1,20	0,15 1,0	MAX 0,025	MAX 0,025	MAX 0,10	MAX 0,02	MAX 0,004	0,40 0,80	0,04 0,20	MAX 0,009	MAX 0,15	MAX 0,010	2,0	20

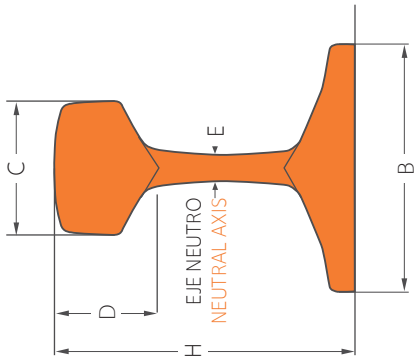
PROPIEDADES MECÁNICAS / MECHANICAL PROPERTIES

NORMA STANDARD	GRADOS DEL ACERO STEEL GRADES	PROPIEDADES MECÁNICAS / MECHANICAL PROPERTIES		
		R _m MPA	MIN A5 %	HB
UIC 860-O 1986-2008	700	680 830	14	-
	900A	880 1030	10	-
	900B	880 1030	10	-
EN 13674-1 2011	R200	MIN 680	14	200-240
	R260	MIN 880	10	260-300
	R260 MIN	MIN 880	10	260-300
	R350 HT	MIN 1175	9	350-390
	R350 LHT	MIN 1175	9	350-390
EN 13674-2 2006	R260	MIN 880	10	260-300
	R350 HT	MIN 1175	9	350-390
	R350 LHT	MIN 1175	9	350-390
BS 11 1965	A	MIN 880	8	-
	B	MIN 880	8	-
AREMA 2006	STANDARD CHEMISTRY	MIN 983 MIN 1180	10	MIN 300 STANDARD RAIL MIN 370 HIGH S. RAIL
	LOW ALLOY RAIL STEEL	MIN 983 MIN 1014 MIN 1180	10 8 10	MIN 300 STANDARD S. RAIL MIN 325 INTERMEDIATE S. RAIL MIN 370 HIGH S. RAIL
	STANDARD CHEMISTRY	MIN 983 MIN 1180	10	MIN 310 STANDARD RAIL MIN 370 HIGH S. RAIL
AREMA 2007	LOW ALLOY RAIL STEEL	MIN 983 MIN 1014 MIN 1180	10 8 10	MIN 310 STANDARD S. RAIL MIN 325 INTERMEDIATE S. RAIL MIN 370 HIGH S. RAIL
	R 260	MIN 880	8	MIN 260
AS 1085.1 2002	340 HH	780 1130	9	MIN 340
	MICROALLOYED	MIN 1040	9	320-360
AM	900ACrV	MIN 966	9	MIN 315
	B1000	MIN 1080	9	320-360

TIPOS DE CARRIL DE TREN / TYPES OF TRAIN RAILS

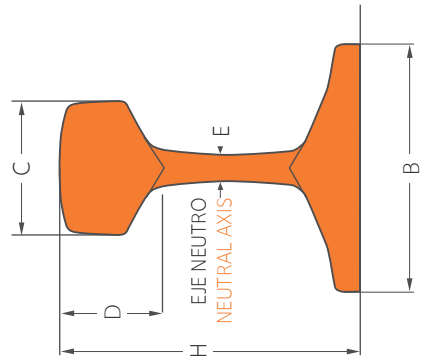
FLAT BOTTOM RAILS

TIPO DE CARRIL TYPE OF RAIL	NORMA STANDARD	DIMENSIONES mm DIMENSIONS mm					SECCIONES SECTIONS cm²	MASA M MASS M kg/m
		H	B	C	D	E		
NORMA EUROPEA / EUROPEAN STANDARDS								
39E1 (BS 80A)	EN 13674-4	138,00	125,00	67,00	43,00	12,00	50,66	39,77
45E3 (RN 45)	EN 13674-4	142,00	130,00	66,00	40,50	15,00	57,05	44,79
45E1 (BS 90A)	EN 13674-4	142,88	127,00	66,67	46,04	13,89	57,46	45,11
46E2 (U33)	EN 13674-1	145,00	134,00	62,00	47,00	15,00	58,94	46,27
49E1 (S49)	EN 13674-1	149,00	125,00	67,00	51,50	14,00	62,92	49,39
49E5	EN 13674-1	149,00	125,00	67,00	51,50	14,00	62,59	49,13
50E6 (U50)	EN 13674-1	153,00	140,00	65,00	49,00	15,50	64,84	50,90
54E1 (UIC54)	EN 13674-1	159,00	140,00	70,00	49,40	16,00	69,77	54,77
54E2 (UIC54E)	EN 13674-1	161,00	125,00	67,00	51,40	16,00	68,56	53,82
54E3 (S54)	EN 13674-1	154,00	125,00	67,00	55,00	16,00	69,52	54,57
54E4	EN 13674-1	154,00	125,00	67,00	55,00	16,00	69,19	54,31
60E1 (UIC60)	EN 13674-1	172,00	150,00	72,00	51,00	16,50	76,70	60,21
60E2	EN 13674-1	172,00	150,00	72,00	51,00	16,50	76,48	60,03
NORMA AUSTRALIANA / AUSTRALIAN STANDARD								
AS60	AS 1085. 1	170,00	146,00	70,00	49,00	16,50	77,25	60,60
AS68	AS 1085. 1	185,70	152,40	74,60	49,20	17,50	86,02	67,50
NORMA INGLESA / BRITISH STANDARD								
BS 100A	BS 11	152,40	133,30	69,90	48,80	15,00	63,93	50,18



TIPOS DE CARRIL DE TREN / TYPES OF TRAIN RAILS
FLAT BOTTOM RAILS

TIPO DE CARRIL TYPE OF RAIL	NORMA STANDARD	DIMENSIONES mm DIMENSIONS mm					SECCIONES SECTIONS cm²	MASA M MASS M kg/m
		H	B	C	D	E		
NORMA RUSA / RUSSIAN STANDARD								
R50 (P50)	GOST	152,00	132,00	70,00	42,00	15,50	66,00	51,80
R65 (P65)	GOST	180,00	150,00	73,00	45,00	18,00	82,64	64,88
NORMA CHINA / CHINESE STANDARD								
CHINA 50	CUSTOMER	152,00	132,00	70,00	42,00	15,50	64,90	50,00
CHINA 60	CUSTOMER	176,00	150,00	73,00	48,50	16,50	77,45	60,64
NORMA AMERICANA / AMERICAN STANDARD								
90ARA-A (TR45)	AREMA	142,90	130,20	62,65	37,30	14,30	56,90	44,65
100RE	AREMA	152,40	136,50	68,30	42,10	14,30	64,19	50,35
115RE (TR57)	AREMA	168,27	139,70	67,98	42,86	15,87	72,56	56,89
119RE	AREMA	173,10	139,70	67,50	47,60	15,90	75,07	58,93
132RE	AREMA	180,90	152,40	76,20	44,50	16,70	83,55	65,58
136RE (TR68)	AREMA	185,70	152,40	74,60	49,20	17,50	85,98	67,50
141AB	AREMA	188,90	152,40	77,80	54,80	17,50	89,02	69,88
100 ARA-B	AREMA	143,30	130,60	67,50	43,30	14,30	63,29	49,64
NORMA / ASCE STANDARD								
85	ASCE	131,80	131,80	65,10	39,30	14,30	53,74	42,15



TIPOS DE CARRIL PARA CRUZAMIENTOS
TYPES OF RAILS FOR CROSSOVERS

CARRIL DE CONDUCCIÓN
CONDUCTOR RAIL

TIPO DE CARRIL TYPE OF RAIL	NORMA STANDARD	DIMENSIONES mm DIMENSIONS mm					SECCIONES SECTIONS	MASA M MASS M
		H	B	C	D	E	cm²	kg/m
CARRILES BAJO SIMETRICO DE ALMA GRUESA / LOW SYMETRIC THICK WEB RAILS								
60 E1T2 (A74, UIC60A)	EN 13674-2	172,00	150,00	72,00	54,00	30,00	94,57	74,24
136 TW	AREMA	185,70	152,40	74,60	49,20	42,80	112,00	87,95
CARRILES ASIMETRICOS / TONGUE RAILS								
49E1A3 (I49)	EN 13674-2	116,00	145,00	66,80	53,50	40,00	80,49	63,18
54 E1A1 (A69, UIC54B, ZuUIC54B)	EN 13674-2	129,00	147,00	70,00	49,40	40,00	87,83	68,95
60 E1A1 (A73, UIC60B, Zu 1 60)	EN 13674-2	134,00	140,00	72,00	53,00	44,00	92,95	72,97
60 E1A4 (60D)	EN 13674-2	142,00	150,00	71,91	51,15	32,50	88,95	69,82
60 E1A6 (I60)	EN 13674-2	139,00	160,00	72,00	53,00	40,00	97,08	76,21
CONTRA CARRIL / GUARD RAILS								
33 C1 (U69, UIC33, RL 1-60)	EN 13674-3	93,00	40,00	80,00	33,00	20,00	42,02	32,99
CARRILES DE ALMA ENTERA / FULL WEB RAILS								
49E1F2 (KL49)	EN 13674-2	149,00	125,00	66,80	51,00	85,00	122,58	96,23
60E1F2 (KL60)	EN 13674-2	172,00	150,00	72,00	50,00	90,00	153,56	120,55
CARRIL DE CONDUCCIÓN								
TIPO DE CARRIL TYPE OF RAIL	NORMA STANDARD	DIMENSIONES mm DIMENSIONS mm					SECCIONES SECTIONS	MASA M MASS M
		H	B	C	D	E	cm²	kg/m
STR 40		105,20	80,00	80,00	43,00	18,00	51,00	40,00
STR 74 (150 LBS MMC)		103,20	123,80	104,80	44,50	69,80	94,26	74,05

